

連載「脱炭素社会の到来」第8回

二酸化炭素削減に資する新たな技術

大槻貴司¹

化石燃料を「低炭素化」する技術

地球温暖化は、化石燃料由来の二酸化炭素（CO₂）が大気中に放出されること
によって進行する。つまり、化石燃料を使用しても大気放出を防げば温暖化を抑
制できる。そのような発想に基づく技術がCO₂回収・貯留（Carbon Capture and
Storage=CCS）である。化石燃料を使用する発電所や産業プラント（鉄鋼高炉や
セメントなど）でCO₂を回収し、地中に貯留する技術だ。

CCSを活用すれば、従来型の発電・産業設備を利用しながら低炭素化を図れる。
例えば、石炭火力発電や天然ガス火力発電にCCSを適用すれば、発電所からの
CO₂排出を正味8~9割ほど削減できる。また、カーボンニュートラル社会のエ
ネルギーとして水素が注目されているが、化石燃料から水素を製造する際には
CCSが必須となる。CCSは、電力、水素、産業など幅広い分野に貢献できる。

CO₂を回収する技術には、さまざまな種類がある（図表）。その代表は、CO₂の
吸収剤を用いる化学吸収法や物理吸収法、CO₂を選択的に透過する膜を用いる膜
分離法である。CO₂が含まれるガスの特性（組成やCO₂濃度、ガスの圧力など）

¹ 電力・新エネルギーユニット、新エネルギーグループ、兼、計量分析ユニット、エネルギー・経済分析グループ、主任研究員

はプラントごとに異なり、それに適した方式が選択される。

貯留方式は、海域を含む地中に圧入する「地中貯留」、海洋にCO₂を溶かす「中層溶解」、深海のくぼ地に液体状のCO₂を流し込む「海底貯留」に大別されるが、中層溶解と海底貯留は海洋汚染に関する国際法「ロンドン条約」で事実上容認されていない。そのため、貯留方式は地中貯留に絞られる。

わが国の地中貯留の手法は、地下深部の帯水層での貯留（水やガスを通さない地層をふたとしてCO₂を地中に閉じ込める手法）が量的に有望だ。個別貯留地の精査が必要ではあるが、水深1000メートル以下の海域での貯留ポテンシャルはCO₂換算で2360億トン（足元の日本のCO₂排出量の約200年分）と推計される。日本政府は2021年ごろをメドに適地を選定する計画だ。

加えて、CO₂ハイドレート（CO₂と水からなるシャーベット状の状態）による貯留も提案されている。これは、地中でCO₂ハイドレートを人工的に生成して固体状態で貯留するとともに、それ自体をふたとして下層に液体CO₂を閉じ込める方法だ。電源開発をはじめとする民間事業者が研究開発を進めている。地層構造に依存せず、浅い地層にも適用できるため、貯留ポテンシャル拡大やコスト削減の点から期待される。

世界の平均気温を下げることも視野

カーボンニュートラルとは、温室効果ガス（GHG）の「排出量」と「吸収量・大気中からの除去量」を一致させることだが、化石燃料CCSは排出量の削減に貢

献する。他方、CCSは排出量の削減のみならず、大気中のCO₂除去にも応用でき、注目を集めている。

CO₂除去技術は「ネガティブエミッション技術」とも呼ばれる。具体例としてはバイオマス燃料とCCSを組み合わせたBECCS（ベックス）、直接空気回収技術（Direct Air Capture=DAC）とCCSを組み合わせたDACCS（ダックス）がある。ベックスの仕組みはこうだ。バイオマス（植物など）は大気中のCO₂を吸収して成長するが、その燃焼後にCCSを適用すれば、成長時に大気から吸収したCO₂を地下に隔離できる。ダックスも同様である。DACは大気中からCO₂を回収する技術だが、そのCO₂を貯留すれば大気中からの除去となる。

ベックスやダックスを利用できれば、GHGを排出せざるを得ないプロセスの排出を相殺できる。例えば、化学製品の原料として利用される化石燃料（廃棄物として焼却時にCO₂が生じる）など、代替が難しいものに対する解決策となる。さらに、世界中でカーボンニュートラルを超え、「排出のマイナス化」を実現できれば、世界の平均気温を下げることができる。

日本におけるCCSの課題

日本で化石燃料CCS、ベックス、ダックスを実施するには、共通する二つの課題がある。

一つ目は国内貯留可能量の不確実性だ。貯留ポテンシャルは今後精査する必要があり、圧入井（あつにゅうせい）を掘削するリグの台数なども貯留量拡大への

制約となる。

二つ目は法制度面の課題だ。例えば、現状の日本では化学吸収法で回収したCO₂の地層貯留のみ認めている（海洋汚染防止法）。法改正などにより、幅広い回収技術を利用可能とする必要がある。

加えて、それぞれの技術固有の課題もある。まず、化石燃料 CCS はゼロエミッションではない。化石燃料から生じる CO₂のうち回収できる割合は現状 90%程度であり、CCS を利用しても CO₂の一部は大気中へ放出されてしまう。カーボンニュートラル社会に向けては放出される CO₂の相殺が必要となる。次にベックスの実施には国内のバイオマス資源量が制約となる。国内のバイオマス資源が十分ではない場合にはバイオマス輸入が選択肢となるが、生態系保護や土地利用などの観点から適切なかたちで製造されたバイオマスを利用する必要がある。ダックスについては、DAC の技術開発が途上である。わが国では昨年、「ムーンショット型研究開発事業」の一つとして選定された段階であり、将来のコスト水準は不確実性が高い。また、CO₂濃度が薄い大気中からの回収には大量のエネルギーを消費するが、そのために低炭素なエネルギーを調達する必要がある。

わが国における CCS の普及拡大に向けては、これらの課題の解決に加え、今後はより幅広い選択肢を考慮することも重要である。例えば、化石燃料 CCS については、国内での貯留のみならず、産油国・産ガス国など海外適地への CO₂輸送および貯留も有望だ。また、CO₂は本来、地球上のどの場所で削減しても効果は同じであることから、ベックスやダックスについても諸外国の適地（バイオマス資

源が豊富かつ CO₂ 貯留に適した国や、エネルギーが安価かつ CO₂ 貯留に適した国) で集約的に行う方が経済合理的である。国内実施にこだわらず、広い視野で戦略を立て、その実現に向けて制度設計などを行うことが求められる。

〔図表〕 主な CO₂ 回収・貯留技術

分類	主な技術
CO ₂ 回収	<ul style="list-style-type: none"> ・化石燃料やバイオマス燃料を使用するプラント等での CO₂ 回収：化学吸収法、物理吸収法、膜分離法、固体吸収法、物理吸着法、深冷分離法 ・大気中からの CO₂ 回収：直接空気回収（注）
CO ₂ 貯留	<ul style="list-style-type: none"> ・地中貯留：帯水層での貯留、CO₂ ハイドレート貯留、枯渇油ガス田での貯留、石炭層での貯留 ・中層溶解 ・海底貯留

（注）直接空気回収技術においても複数の方式が提案され、技術開発が進んでいる。

（出所）経済産業省資料などをもとに筆者作成。